

**В. Триснюк. Моделювання природно-технічної системи гідроресурсів / В. Триснюк // Вісник ТНТУ. — 2013. — Том 69. — № 1. — С.205-212. — (приладобудування та інформаційно-вимірвальні технології).**

УДК 504.61

**В. Триснюк, канд. геогр. наук**

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ГІДРОРЕСУРСІВ**

**Резюме.** Обґрунтовано методологію і методи оцінювання гідроекологічної безпеки природно-техногенних екосистем та запропонована модель взаємозв'язку гідроекосистеми і природних ресурсів. Розроблено показники оцінювання стану природно-техногенної гідроекосистеми залежно від конфігурації остаточного компоновального рішення і міри порушеності басейнових ландшафтів. Для визначення комплексного критерію гідроекологічної безпеки використовується моделювання природно-технічної системи для формалізації взаємодії техногенних і екологічних процесів.

**Ключові слова:** моделювання, гідроресурси, екологічна безпека, інтегральне оцінювання, картосхема, екосистема.

**V. Trysnyuk**

## **MODELING OF THE WATER RESOURCES NATURE- ENGINEERING SYSTEM**

**Summary.** The methodology and estimation methods of the hydro-ecological safety of the nature-anthropogenic ecosystems were interpreted and the interrelation model of the water-ecosystem and the nature resources was proposed.

Estimation data of the natural-anthropogenic water ecosystem depending on the final component solution configuration and the level of the basin landscapes disturbance have been developed. To find the complex criterion of the water-ecological safety the modeling of the nature-engineering system for formalizing the anthropogenic and ecological processes is used.

To realize the tasks in estimation of time of the contamination substances penetration into the ground water GIS technologies (Arc View GIS 3.2a) have been used. The estimation of the protective properties of the aeration area rocks was carried out by creating the spatial model for finding the interrelation between the units taking advantage of the Geoprocessing module Arc GIS. The cartographic basis is in accordance with the space pictures made by Spot DOT-10 and Landsat 5 with the destributing capacity 10 and 30m respectively. It made possible to decode more precisely the investigated units and to plot them on the map.

New advanced method is considered to be that of the air laser scanning of the industrial units with simultaneous linking to the geography coordinates via GPS receiver.

To create the model the vector layer blending was used, which makes possible to find automatically the intersection of units and areas which are compared. Depending on the calculation time of the possible penetration it is divided into its 5 gradations: < 50 days; 50-250 days, 250-1000 days; 1000-3000 days; > 3000 days. Comparison of the GIS data of the penetration calculation time of the contamination substances through the aeration area, the physical-chemical migration of chemical elements being predominant under the available contamination level, makes possible to determine different level of the ground water contamination risk and to predict their pollution.

**Key words:** modeling, water resources, environmental safety, integral estimation, mapping scheme, ecosystem.

**Постановка проблеми.** Використання гідроресурсів передбачає техногенне навантаження на гідроекологічне середовище. Шлях до вирішення проблеми екологічної безпеки гідроекосистем повинен ґрунтуватися на концепції стійкого

розвитку, яка передбачає економічне зростання за рахунок запровадження комплексних екологічно чистих технологій, формування природно-техногенних гідроекосистем, в яких не виникає складних екологічних проблем, пов'язаних з інгредієнтним та тепловим забрудненням.

Унаслідок значного техногенного впливу на геологічне середовище спостерігаються комплексні зміни геохімічних, гідрогеологічних, інженерно-геологічних умов, які в ряді регіонів призводять до стійкого погіршення природної обстановки і набули трансграничного характеру. Суттєвих змін зазнають гідрохімічні та гідродинамічні показники поверхневих та підземних вод. Геохімічна діяльність людини за своїми масштабами стала порівнянною з природними процесами в літосфері. Найбільш яскраво це виявляється у забрудненні компонентів геологічного середовища, в першу чергу ґрунтів, важкими металами. Крім того, внаслідок аварії на ЧАЕС у межах західного та південного «слідів» на площі до 120 тис. км<sup>2</sup> відбулося значне радіонуклідне забруднення ґрунтів.

**Аналіз останніх досліджень.** Проблеми моделювання гідроекологічної безпеки, на якій ґрунтуються екологічний аудит, екологічний моніторинг та екологічна безпека, розглянуті в багатьох опублікованих роботах. Для України велике значення щодо висвітлення проблем екологічного оцінювання мають праці Адаменка О.М., Трофимчука О.М., Яцека А.В., Волошина І.М., Волошкіної О.С., Архипової Л.М., Гуцуляка В.М. та багатьох інших дослідників.

**Метою роботи** є моделювання й оцінювання природно-технічної системи гідроресурсів для обґрунтування стратегічних напрямків екологічної безпеки гідроекологічного середовища.

**Виклад основного матеріалу.** В сучасних умовах інтегральне оцінювання еколого-гідрологічних умов та виконання районування території за результатами вивчення окремих компонентів геологічного середовища є актуальним і досить складним завданням.

Цільове призначення таких робіт – виявлення, картування та прогнозне оцінювання закономірностей і динаміки негативних змін геологічного середовища (ГС) та його основних параметрів (геохімічних, гідрогеологічних, інженерно-геологічних), які безпосередньо чи опосередковано впливають на екологічний стан територій, регіонів, держави в цілому, а також підготовка картографічної основи для планування і проведення моніторингу природного середовища.

Одними з головних проблемних питань оцінювання еколого-геологічного стану ГС є вивчення стану підземних вод і проблем, що з цим пов'язані. Серед загального складного комплексу робіт великого значення набуває оцінювання захисних властивостей зони аерації. Зона аерації служить природним сорбційно-мігруючим бар'єром захисту підземних вод від забруднення у природних і екстремальних умовах. Її характеристики визначають час проникнення забруднення у перший від поверхні водоносний горизонт, у її межах здійснюються процеси сорбції та іонний обмін. Для умов України, де більша частина сільського населення (близько 70 %) використовує води першого від поверхні водоносного горизонту, що зазнав техногенного забруднення нітратами, сульфатами, хлоридами, важкими металами, органічними сполуками тощо, дослідження з оцінювання захисних властивостей порід зони аерації й

прогнозування потрапляння забруднення у ґрунтові води набуває особливо важливого значення [1].

Оцінювання природних захисних властивостей порід зони аерації виконане з застосуванням ГІС. Основними природними показниками, на яких ґрунтуються оцінки з визначення часу надходження забруднюючих речовин з поверхні землі до ґрунтових вод, стали її потужність і літологічний склад порід зони аерації та їх сорбційна здатність щодо провідних забруднювачів (рис. 1).

Оскільки на території України існує вкрай обмежена кількість визначень коефіцієнтів фільтрації порід зони аерації, дослідження такого спрямування набувають особливої актуальності. Вивчення фільтраційних властивостей порід зони аерації фрагментарно проводилися в процесі виконання спеціалізованих крупномасштабних зйомок масштабу 1:50000 у 70-роки минулого сторіччя та при спеціальних дослідженнях [2]. Роботи з прогнозування проникнення хімічних елементів та радіонуклідів у підземні води Дністровського каньйону виконуються нами під керівництвом професора Адаменко О.М. в межах полігонів, розташованих у Тернопільській області [3, 4].

Як свідчать результати досліджень, максимальні значення загального часу руху в основному отримуються за рахунок слабопроникних прошарків.

З огляду на застосування можливостей ГІС при регіональних картографічних побудовах та подальшу систему оцінювання захищеності ґрунтових вод, для виконання даного виду робіт були задіяні попередньо створені електронні карти потужності зони аерації та будови літологічного складу її порід масштабу 1:1000 000. Кожна із залучених для цих побудов вихідних електронних карт була піддана попередній обробці, яка полягала в генералізації виділених підрозділів (рис. 2).

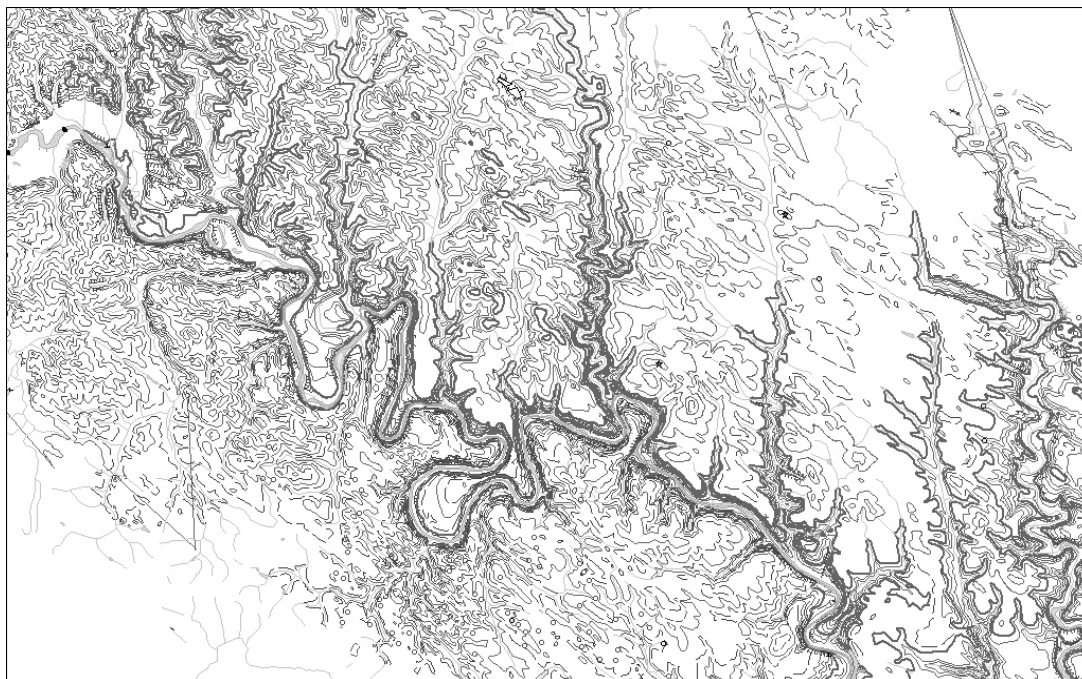


Рисунок 1. Картохема літологічних порід та гідрологія Дністровського каньйону

Figure 1. Mapping scheme of the lithological rocks and the Dniester canyon hydrology

Для безпосередньої реалізації завдань з оцінювання часу проникнення забруднюючих речовин у ґрунтові води автори використали ГІС-технології (ArcView GIS 3.2a). Оцінювання захисних властивостей порід зони аерації було виконано шляхом створення просторової моделі для визначення взаємозв'язку між об'єктами за допомогою модуля Geoprocessing ArcGIS. Для створення моделі використовувався метод векторного накладання шарів, який дозволяє автоматично визначити області перетину об'єктів і територій, що зіставляються. В результаті створюється новий набір даних, в якому кожній результуючій області присвоєні атрибути обох вихідних.

Для розрахунку часу проникнення були використані інформаційний шар літологічних різновидів зони аерації та шар інформаційних потужностей зони аерації. Для кожного виділеного таксону, залежно від будови його розрізу, обчислення виконували за відповідними формулами. Залежно від розрахункового часу можливого проникнення виділили 5 його градацій: <50 діб; 50 – 250 діб; 250 – 1000 діб; 1000 – 3000 діб; >3000 діб (рис. 3).

Хоча таке районування певною мірою умовне і схематичне, воно відображає загальну тенденцію можливого проникнення забруднюючих речовин у ґрунтові води. До того ж районування базується на об'єктивних даних щодо проаналізованої значної кількості достовірної інформації про літологічний склад, фільтраційні особливості й потужності зони аерації та цілком прийнятне при здійсненні загальних регіональних оцінювання.

Можливості традиційних методів досліджень причинно-наслідкових закономірностей формування якості поверхневих вод суттєво розширюються при використанні матеріалів дистанційного зондування водних об'єктів та їх поверхневих водозборів. Сучасні технічні засоби дистанційного зондування дозволяють отримати досить різноманітну інформацію про властивості земної поверхні у видимій (0,3 – 0,8 мкм), ближній (1,8 – 5,3 мкм) і дальній (7 – 14 мкм) ІЧ- областях спектра, а також в діапазоні НВЧ (3 – 100 см). Спеціальними методами опрацювання різних видів цієї інформації вивчаються закономірності просторово-часових розподілів водних мас, які відрізняються вмістом розчинених або зважених речовин природного та антропогенного походження. Для практичного використання в системі Органів Прийняття Водоохоронних Рішень (ОПВР) вказані оцінки та закономірності для зручності представляють у вигляді картографічних моделей. Колориметричні параметри обумовлені варіаціями гідрооптичних, гідроелектричних, гідротеплових характеристик водних мас з різними концентраціями розчинених та зважених речовин [5].

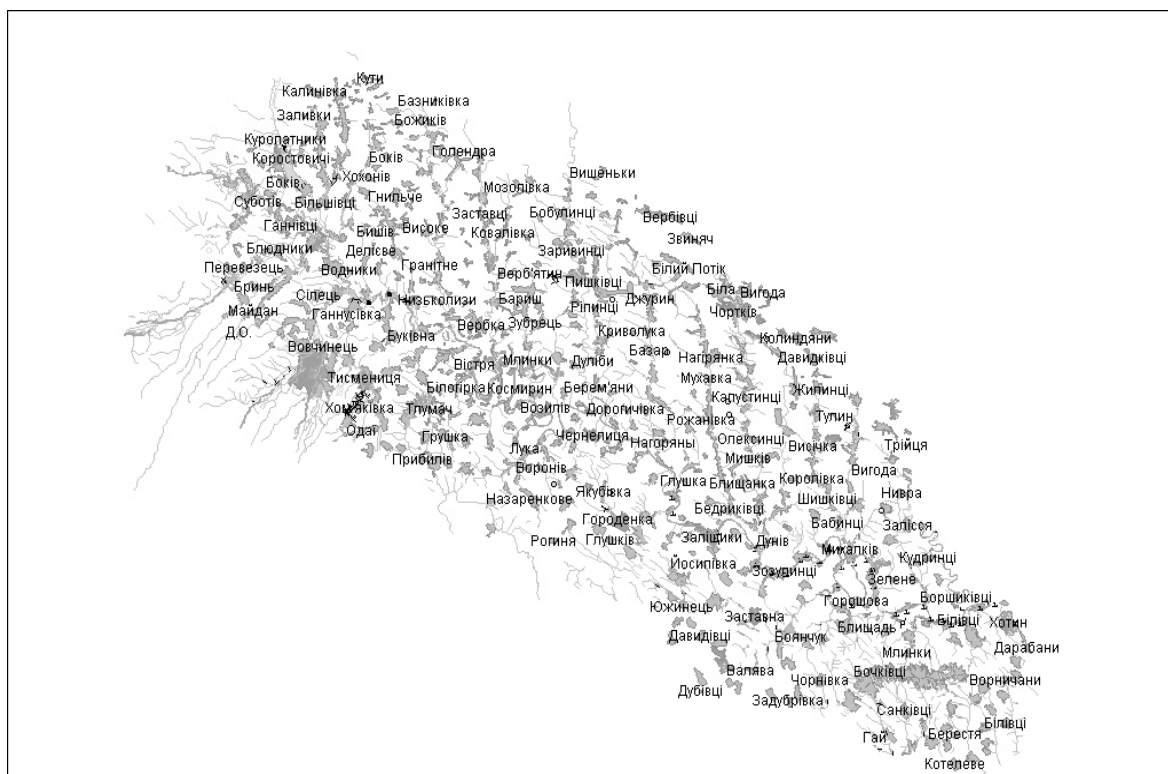


Рисунок 2. Картосхема гідроресурсів Дністровського каньйону

Figure 2. Mapping scheme of the Dnister canyon water resources

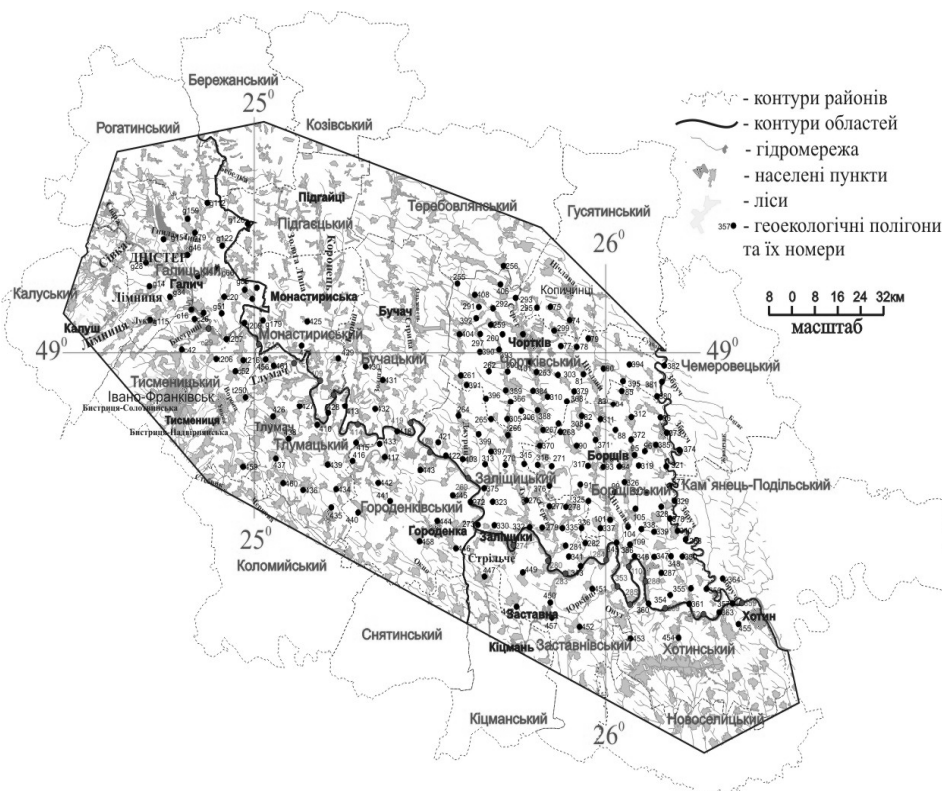


Рисунок 3. Карта фактичного матеріалу відбору проб води на екологічних полігонах Дністровського каньйону

Figure 3. Map of the actual water sampling at the Dnister canyon environmental grounds

Вся кадастрова інформація опрацьована за допомогою геоінформаційних технологій у програмному середовищі ArcGIS. Географічною основою для баз геоданих послужила цифрова карта регіону масштабу 1:200 000 із вказаними населеними пунктами, нанесеними залізницями, автодорогами, водотоками та іншими природними й техногенними об'єктами. Картографічна основа узгоджена із космознімками Spot DOI-10 і Landsat 5 із роздільною здатністю 10 і 30 м відповідно (рис. 4). Це дозволяло точніше дешифрувати досліджувані об'єкти та наносити їх на карту. Новим прогресивним методом вважають також повітряне лазерне сканування промислових об'єктів з одночасною прив'язкою через GPS-приймач до географічних координат. Матеріали знімання дають змогу створити 3D моделі рельєфу з точністю 15 – 20 см та аерофотомозаїку масштабу 1:1 000–1:5 000, отримати інформацію про конструкційні й експлуатаційні параметри інженерних споруд і будівель, розрахувати технічні параметри гірничих об'єктів (кар'єрів, відвалів, відстійників тощо) за їхніми тривимірними моделями.

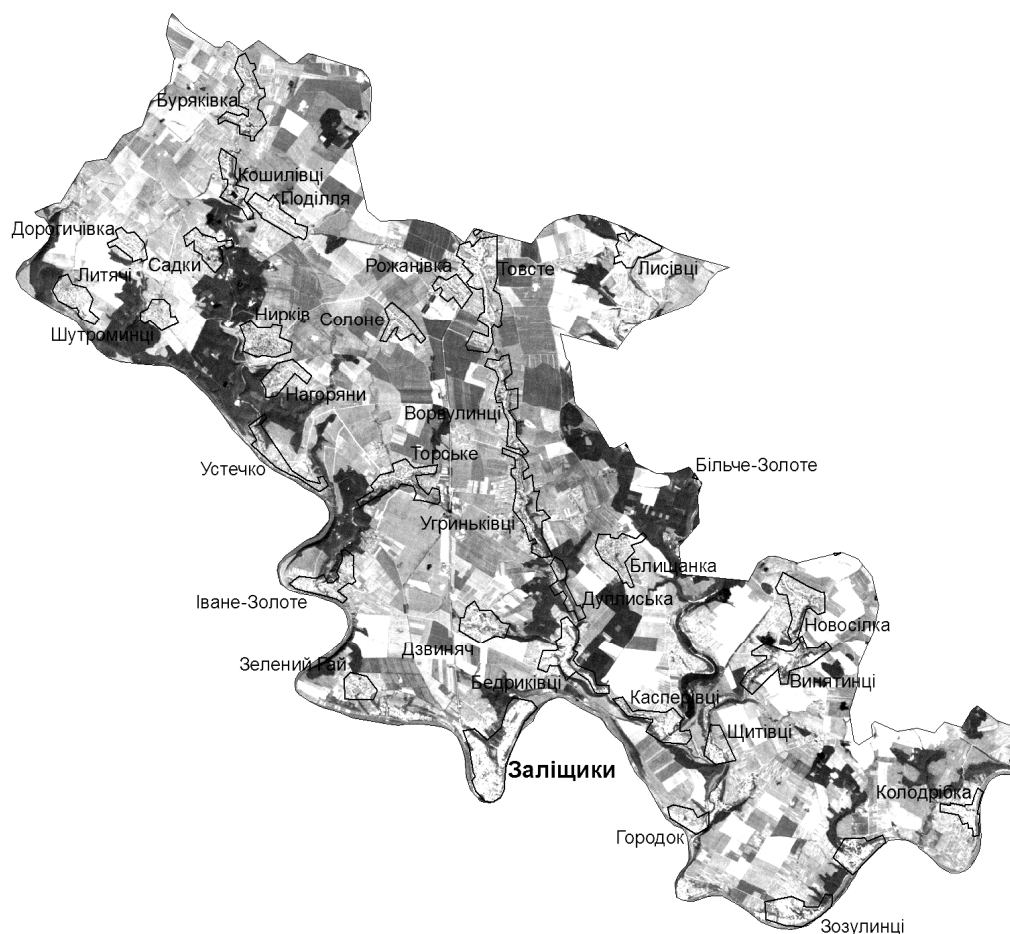


Рисунок 4. Космічний знімок Дністрових долин з супутника Landsat 5

Figure 4. Space picture of the Dniester valleys made by Landsat 5 satellite

Кінцевою метою моделювання природно-технічної системи є оцінювання екологічного стану водних ресурсів та управління технологічними й екологічними процесами в інтересах її стабілізації або розвитку. Відповідно до цієї мети можна виділити три етапи моделювання (інформаційне забезпечення, імітаційне моделювання,

управлінське моделювання). Перший етап моделювання пов'язаний з формуванням банку інформації за трьома напрямками:

1. Збір та аналіз результатів натурних спостережень, інженерних вишукувань, вивчення архівних матеріалів з метою накопичення первинної інформації.
2. Використання традиційних моделей з визначення розрахункової інформації, наприклад, моделі швидкостей течії, стратифікації у водоймах.
3. Генерування інформації, якої недостатньо як вихідної, наприклад, за аналогічними басейновими гідроекосистемами або природними умовами. Метод аналогій за нормованими показниками доцільно використовувати для прогнозу природних передумов і екологічних наслідків антропогенного навантаження (наприклад, розташування МГЕС) у межах басейнових екосистем досліджуваного регіону.

Другий етап моделювання ставить собі за мету розроблення імітаційних моделей для формалізації взаємодії техногенних і екологічних процесів. Найбільш загальною формою моделі природно-техногенного процесу є багатофакторні моделі у вигляді регресійних залежностей [5]. Імітаційні моделі є вихідними для визначення прогнозних ситуацій, які оцінюють вірогідні екологічні ситуації. Таке оцінювання проводиться на третьому етапі модельних досліджень. Залежно від результату, що прогнозується, приймаються рішення щодо управління системи на основі багатокритеріального аналізу (3 етап).

**Висновки.** Виконані роботи з оцінювання захисних властивостей порід зони аерації в цілому дозволяють диференціювати досліджувану територію за умовами захищеності ґрунтових вод від забруднення. Даний інформаційний матеріал у сучасних умовах глобального техногенного втручання у довкілля набуває актуального значення й дозволяє виявляти, картувати та виконувати прогнозне оцінювання закономірностей і динаміки негативних змін екологічного стану ґрунтових вод.

Зіставлення в ГІС показників розрахункового часу проникнення забруднюючих речовин крізь зону аерації з переважаючим напрямком фізико-хімічної міграції хімічних елементів та існуючим рівнем забруднення дозволяє визначити різний ступінь ризику забруднення ґрунтових вод та прогнозувати їх забруднення.

Використання запропонованих підходів за наявності достатньої кількості матеріалів детальних крупномасштабних досліджень з визначення потужності й літологічних різновидів порід зони аерації дозволяють оперативно здійснювати прогнозування та швидко реагувати у разі виникнення надзвичайних екологічних ситуацій.

**Conclusions.** The carried out work in estimation of the protective properties of the aeration area rocks makes possible to differentiate the investigated territory according to the conditions of protection the ground water from contamination.

Available information in the conditions of the global anthropogenic interference into the environment becomes of the principle importance and allows identifying, mapping and performing of the prediction estimation of regularities and dynamics of the negative changes of the ground waters ecological situation.

Comparison of the GIS data of the calculation time of the contamination substances penetration through the aeration area, the physical-chemical migration of chemical elements

being predominant under the available contamination level, makes possible to determine different level of the ground water contamination risk and to predict their pollution.

Application of the proposed approaches, information on the detailed comprehensive investigations on finding the power and lithological varieties of the aeration area rocks being available, makes possible to predict and react rapidly in the event of the environmental emergencies.

#### **Список використаної літератури**

1. Адаменко, О.М. Екологічний аудит територій: підручник [Текст] / О.М. Адаменко, Л.В. Міщенко. – Івано-Франківськ: ФАКЕЛ, 2000. – 241 с.
2. Рудько, Г.І. Ресурси геологічного середовища і екологічна безпека техноприродних геосистем: монографія [Текст] / Г.І. Рудько. – К.: ЗАТ «Нічлава», 2006. – 480 с.
3. Триснюк, В.М. Екологія Гусятинського району [Текст] / В.М. Триснюк. – Тернопіль: Тернограф, 2004. – 219с.
4. Триснюк, В.М. Географічна, туристична та екологічна навчальні практики у Дністровському каньйоні [Текст] / О.В. Заставецька, Д.О. Зорін, В.М. Триснюк: навчальний посібник для вищих навчальних закладів. – Тернопіль: Терно-граф, 2010. – 198 с.
5. Архипова, Л.М. Методи оцінки екологічної небезпеки природно-технічних систем в районах нафтогазовидобутку [Текст] / Л.М. Архипова // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2011. – № 3 (29). – С. 29 – 33.

*Отримано 16.12.2012*